НОВАЯ ТАБЛИЦА ЗНАЧЕНИЙ ОБЩИХ ФИЗИЧЕСКИХ КОНСТАНТ[1])

(состояние на август 1941 г.)

Р. Т. Бэрдж, Беркли, Калифорния

В 1929 г. мною было опубликовано[1, 2]) собрание согласующихся между собой значений общих физических констант, которое, за немногими исключениями, представлялось вполне удовлетворительным. В более поздней публикации[2] было дано более логическое рассмотрение связанных между собой атомных констант: e, h, $\frac{e}{m}$ и α, но без существенных изменений в принятых значениях. Система констант, опубликованная в 1929 г., была удовлетворительной в том смысле, что почти во всех тех случаях, где было возможно осуществление проверки, представлявшиеся наилучшими экспериментальные значения находились в удовлетворительном согласии со значениями, вычисленными косвенным путём. Единственное существовавшее там серьёзное расхождение — расхождение между «спектроскопическим» значением $\frac{e}{m}$ и значением этого отношения, полученным из опытов с отклонением электронного потока — к настоящему моменту почти полностью устранено[3].

Однако, уже в 1929 г. начали обнаруживаться признаки другого расхождения — расхождения в значениях заряда электрона e, полученных по методу масляных капель и по новому методу, основанному на измерении длин волн рентгеновских лучей с помощью решёток[4]. Реальность этого расхождения вскоре была с достоверностью установлена, и вызванное этим обстоятельством неудовлетворительное положение вещей существовало до 1935 г., когда было с несомненностью показано, что значение вязкости воздуха, использованное Милликеном в его работе с масляными каплями, существенно отличалось от истинного. Многочисленные определения вязкости воздуха, произведённые за последнее время, совместно с новыми определениями e методом Милликена, привели в настоящее время оба значения заряда электрона в удовлетворительное согласие между собой. Но поскольку значение e, полученное из измерения длин волн рентгеновых лучей, представляется сейчас значительно более точным, значение заряда электрона, принятое в данной статье, представляет собой просто значение e, полученное этим методом.

---

[1]) Перевод Н. С. Хлебникова.

[2]) Всюду дальше цитируется как G. C. (General Constants), 1929.

При вычислении e по данным измерения длин волн рентгеновых лучей первоначально определяется не само e, но число Авогадро N_0. Значение e находится отсюда на основании соотношения

$$e = \frac{F}{N_0},$$

где F — число Фарадея. Таким образом N_0 оказывается теперь фундаментальной константой и помещено по этой причине в таблице a, тогда как e представляет собой производную величину и, в сущности, должно быть помещено в таблицу c. Только из соображений удобства я всё же сохранил e в таблице a.

В 1929 г. значение e в круглых числах выражалось как $4{,}77 \cdot 10^{-10}$ CGSE. Новое значение e составляет примерно $4{,}80 \cdot 10^{-10}$ CGSE. Такое исключительно большое изменение неизбежным образом ведёт к возникновению целого ряда расхождений в значениях других констант. В самом деле, как я уже указывал, именно потому, что все значения атомных констант так хорошо согласовались друг с другом при принятии милликеновского значения e, я в течение ряда лет считал, что это значение должно быть точным.

Среди новых расхождений наибольшие в процентном отношении дают значения радиационных констант, а именно: второй радиационный константы c_2 и постоянной закона Стефана — Больцмана σ. Вполне возможно, однако, что истинные ошибки в экспериментально найденных значениях этих постоянных много больше, чем оценённые ошибки опыта, а потому эти расхождения не следует принимать слишком серьёзно.

С другой стороны, существует расхождение, которое до последнего времени казалось весьма большим и весьма серьёзным. Характер его наиболее просто можно пояснить следующим путём.

Если в формулу Бора подставить в качестве постоянной Ридберга весьма точно известное значение R_∞ и наилучшие, найденные непосредственными методами значения e и $\frac{e}{m}$, то вычисленная по этим данным величина отношения $\frac{h}{e}$ оказывается существенно больше, чем любая найденная непосредственно. Я указал[5] на серьёзность создавшегося положения тотчас после того, как новое «высокое» значение e было с достоверностью установлено. Эта проблема с тех пор подробно рассматривалась многими авторами, среди которых следует упомянуть Дэннингтона[6] и Дю Монда[7].

Наиболее новые экспериментальные данные указывают, что в прежних непосредственных определениях $\frac{h}{e}$ возможно наличие серьёзных систематических ошибок и что при их устранении указанные расхождения могут исчезнуть. Это относится, в частности, к экспериментальному определению $\frac{h}{e}$ по пределу сплошного рентгеновского спектра — метод, который в настоящее время даёт возможность наиболее точного вычисления $\frac{h}{e}$.

Ещё до того, как были опубликованы новые экспериментальные данные относительно $\frac{h}{e}$, мне представлялось, на основании оценки всего имевшегося материала, что правильными должны быть скорее «косвенные», чем «прямые» значения $\frac{h}{e}$. Исходя из этого допущения, я в августе 1939 г. составил новую таблицу общих физических постоянных и размножил её с помощью мимеографа[1]). Назначение этой предварительной таблицы заключалось только в том, чтобы вызвать исправления и предложения со стороны компетентных лиц, с тем чтобы использовать этот материал в подробной статье на эту тему, которую я вскоре намеревался написать. В силу целого ряда причин подробная статья так до сих пор и не написана, но зато в настоящее время я закончил изучение фундаментальных констант и различных вспомогательных констант, необходимых для вычисления фундаментальных. Последним толчком, побудившим меня к написанию настоящей статьи, явилось предложение Лондонского физического общества написать для издаваемого им ежегодника «Reports on Progress in Physics» небольшую статью по данному вопросу. Рукопись этой статьи уже отослана в Лондон, но принимая во внимание современное международное положение, с опубликованием её возможна задержка. Представляется, однако, желательным новую таблицу постоянных сделать доступной по возможности скорее. Поэтому в настоящей статье я помещаю таблицы постоянных, взятые из только что упомянутой рукописи, сопровождая их лишь объяснениями, необходимыми, чтобы сделать их понятными. Я надеюсь, однако, в не слишком отдалённом будущем опубликовать более обширную статью, подобную G. C. 1929, где происхождение каждой из величин, помещённой в таблице, будет объяснено полностью.

Как уже отмечалось, наиболее надёжным значением $\frac{h}{e}$ сейчас представляется вычисляемое косвенным путём, с помощью постоянной Ридберга. Это значение $\frac{h}{e}$ нами и принято, вследствие чего обе величины — и h и $\frac{h}{e}$ — становятся производными константами и соответственно помещены в таблице *c*. Другие величины, как, например, газовая постоянная на моль, постоянная Больцмана, постоянная закона Стефана — Больцмана и радиационные константы, которые помещались в таблице *b* G. C. 1929, теперь фигурируют в таблице *c*, поскольку для них даны лишь косвенные (т. е. производные) значения. В общем, однако, таблицы *a*, *b* и *c* данной статьи соответствуют таблицам с теми же обозначениями в G. C. 1929. Вследствие того, что значительно возросло количество значений атомных весов, знание которых необходимо, атомные веса теперь выделены в отдельную таблицу, обозначаемую *a'*. Значениям для O^{17} и O^{18} не приписывается никаких вероятных ошибок, так как те ошибки, которые существуют, оказывают совершенно пренебрежимое влияние на результирующую величину для O (= 16,004357).

---

[1]) Экземпляры этой таблицы были разосланы многим лицам, и цифры, взятые из неё, неоднократно были опубликованы в различных работах.

Необходимо отметить также, что помещённая здесь таблица *c* весьма неполна. В предполагаемой мной подробной статье я намерен поместить всё, что было помещено в таблице *c* G. C. 1929, и я был бы рад предложениям о других производных постоянных, которые можно было бы туда поместить. За исключением $\frac{h}{e}$ и h элементы таблицы *c* расположены в алфавитном порядке. В таблице *c* *G*. C. 1929 я пытался группировать константы по их естественным связям, но получившиеся результаты, поскольку речь идёт о практическом пользовании таблицами, оказались совершенно неудовлетворительными.

Публикуемая здесь система значений констант весьма мало отличается от мимеографированной таблицы 1939 г. Единственное важное изменение касается числа Фарадея F. Сейчас я принимаю для F 96 501,$_2$ международных кулонов по химической шкале. Это новое значение представляет собой взвешенное среднее из значений 96 494 и 96 511, полученных с серебряным и иодным вольтаметрами соответственно, тогда как прежде я просто принимал значение, полученное с серебряным вольтаметром.

С другой стороны, публикуемые здесь таблицы весьма сильно отличаются от G. C. 1929. Действительно, за исключением атомного веса серебра[1], в таблицах *a* и *b* нет ни одного значения, не претерпевшего большего или меньшего изменения. Наиболее сильное изменение касается величины *e* и, уже по причине одного этого изменения, не только h, но и почти все другие производные константы оказываются значительно изменившими свою величину. Стоит отметить в связи с этим, что полученные непосредственным наблюдением в последнее время значения некоторых функций e, h и m, например $\left(\frac{e}{m}\right)\left(\frac{h}{e}\right)^2$, $\frac{h}{m}$, $\frac{e^2}{h}$ и $\left(\frac{e}{m}\right)\left(\frac{e}{h}\right)$, весьма удовлетворительно согласуются со значениями e, h и m, принятыми здесь. Как уже указывалось, последние экспериментальные результаты для $\frac{h}{e}$ находятся в хорошем согласии со значениями, полученными косвенным путём; они оказываются несколько выше косвенных значений.

В результате недавних важных исследований[8] постоянная Ридберга R_∞ изменилась на довольно существенную величину. Все подробности, касающиеся принятого здесь значения R_∞, точно так же, как и значения $\frac{e}{m}$, содержатся в недавно опубликованной мной статье[3b].

Многие изменения в таблицах 1929 г. были вызваны открытием изотопов кислорода и водорода. Существование изотопов кислорода делает возможными две шкалы атомных весов — физическую и химическую, — и весьма важным становится указание на то, по какой шкале приписывается то или иное публикуемое значение. Существование водородного изотопа H^2 приводит к заключению, что символ H, употреблявшийся в G. C. 1929, относится в некоторых случаях к нормальной смеси изотопов водорода, тогда как в других — к изотопу H^1.

С целью следовать возможно ближе последним предложениям Комитета я произвёл несколько изменений в символах и в наименованиях. Одно из важных изменений символов я делаю здесь, однако под свою собственную ответственность.

Так как в таблице *c* для каждой производной константы дано её выражение через другие, то существенно, чтобы соответствующий символ не только обозначал бы самую константу, но и её связь с определённой единицей. Между тем в G. C. 1929 и ряде статей, опубликованных позже, я следовал распространённому, но совершенно нестрогому обыкновению, употребляя e для обозначения заряда электрона в электростатических единицах и $\frac{e}{m}$ — для обозначения удельного заряда электрона, выраженного в единицах электромагнитных.

Устанавливая сейчас единую систему единиц для e и $\frac{e}{m}$, я основывался на том обстоятельстве, что в реальном эксперименте все электрические величины измеряются в практических единицах (вольты, омы и т. д.) и что для получения соответствующих величин, выраженных в электромагнитной системе, достаточно осуществить надлежащее перенесение запятой. Поэтому в данной статье все величины, как правило, выражаются в электромагнитных единицах и обозначаются символами без штрихов, тогда как символы со штрихами показывают, что величина выражена в электростатической системе. Так, F и $\frac{e}{m}$ имеют то же значение, что и в G. C. 1929, но e обозначает $4{,}80 \cdot 10^{10}$ CGSE, а $e(\frac{e'}{c})$ обозначает $1{,}602 \cdot 10^{-20}$ CGSM с соответствующими изменениями для $\frac{h}{e}$. Масса электрона m выражается теперь, как и должно быть, как $e/(\frac{e}{m})$, тогда как в G. C. 1929 необходимо было вычислять её из соотношения $e/(\frac{e}{m})c$.

Одним из существенных вопросов при составлении таблиц, подобных публикуемым здесь, является надлежащее обозначение определённых величин. Этому вопросу можно было бы посвятить целую статью, но я хочу сейчас отметить только то, что здесь сделаны некоторые изменения сравнительно с обозначениями в G. C. 1929 и ряд других изменений, необходимых с точки зрения логики. То, что необходимо, это — согласованная система обозначений, такая, что, если мы пишем, например, $R_0T_0 = V_0A_0$ (см. таблицу *c*), то обе стороны должны быть идентичны. По этой причине именно в обозначениях некоторых единиц появляются такие величины, как моль$^{-1}$, грамм-эквивалент$^{-1}$, атм$^{-1}$ и т. д. Далее, для того, чтобы иметь возможность такой проверки во всех случаях (в частности — в случаях, где фигурируют электрон-вольты), необходимо писать $e' = 4{,}80 \cdot 10^{-10}$ CGSE электрон$^{-1}$, вместо просто CGSE, и сделать соответствующие изменения в выражениях для других единиц, связанных с e или e'. Подобным же образом масса электрона (m) должна выражаться как грамм-электрон$^{-1}$.

В таблицах *a* и *b* обозначения разделов (от A до M) сохранены те же, что были приняты в G. C. 1929. Эти обозначения полезны в том отношении, что они показывают, какие фундаментальные константы таблицы *a* связаны с каждой из вспомогательных констант таблицы *b*.

Таблица *a*

Главные константы и отношения [1])

Раздел	Константа	Обозначение и величина
A	Скорость света	$c = (2{,}99776 \pm 0{,}00004) \cdot 10^{10}$ *см·сек*$^{-1}$
B	Постоянная тяготения	$G = (6{,}670 \pm 0{,}005) \cdot 10^{-8}$ *дин·см*^{2}·*г*$^{-2}$
C	Литр (= 1000 мл-литр)	$l = 1000{,}028 \pm 0{,}002$ *см*^{3}
D	Объём идеального газа (0°C, A_0)	$V_0 = (22{,}4146 \pm 0{,}0006) \cdot 10^{3}$ *см*^{3}·*атм·моль*$^{-1}$
	То же	$V'_0 = 22{,}4140 \pm 0{,}0006$ *л·атм·моль*$^{-1}$
D	Объём идеального газа (0°C, A_{45})	$V_{45} = (22{,}4157 \pm 0{,}0006) \cdot 10^{3}$ *см*^{3} *атм·моль*$^{-1}$
	То же	$V'_{45} = 22{,}4151 \pm 0{,}0006$ *л·атм·моль*$^{-1}$
E	Международный ом (= *p абс. ом*)	$p = 1{,}000\,48 \pm 0{,}00002$
E	Международный ампер (= *q абс. амп.*)	$q = 0{,}99986 \pm 0{,}00002$
F	Атомные веса (см. табл. *a'*)	—
G	Стандартная атмосфера	$A_0 = (1{,}013246 \pm 0{,}000004) \cdot 10^{6}$ *дин·см*$^{-2}$·*атм*$^{-1}$
G	45°-ная атмосфера	$A_{45} = (1{,}013195 \pm 0{,}000004) \cdot 10^{6}$ *дин·см*$^{-2}$·*атм*$^{-1}$
H	Точка таяния льда (абс. шкала)	$T_0 = 273{,}16 \pm 0{,}01^{0}K$
I	Механический эквивалент теплоты	$I_{15} = 4{,}1855 \pm 0{,}0004$ *абс·дж·кал*$_{15}^{-1}$
I	То же по данным электрич. измерений	$I'_{15} = 4{,}1847 \pm 0{,}0003$ *межд. дж·кал*$_{15}^{-1}$
J	Постоянная Фарадея (1) по химич. шкале	$F = 96\,501{,}_2 \pm 10$ *межд. кул·г-экв*$^{-1}$ = $= 96\,487{,}_7 \pm 10$ *абс·кул·г-экв*$^{-1}$ = $= 9648{,}7_7 \pm 1{,}0$ CGSM·*г-экв*$^{-1}$
		$F' = Fc = (2{,}89247 \pm 0{,}00030) \cdot 10^{14}$ CGSE *г-экв*$^{-1}$
	(2) по физич. шкале	$F = 96514{,}_0 \pm 10$ *абс·кул·г-экв*$^{-1}$ = $= 9651{,}4_0 \pm 1{,}0$ CGSM·*г-экв*$^{-1}$
		$F' = Fc = (2{,}89326 \pm 0{,}00030) \cdot 10^{14}$ CGSE·*г-экв.*$^{-1}$
K	Число Авогадро (по химич. шкале)	$N_0 = (6{,}0228_3 \pm 0{,}0011) \cdot 10^{23}$ *моль*$^{-1}$
K	Заряд электрона	$e = \frac{F}{N_0} = (1{,}60203_3 \pm 0{,}00034) \cdot 10^{-20}$ CGSM
		$e' = ec = (4{,}8025_1 \pm 0{,}0010) \cdot 10^{-10}$ CGSE
L	Удельный заряд электрона	$\frac{e}{m} = (1{,}7592 \pm 0{,}0005) \cdot 10^{7}$ CGSM·*г*$^{-1}$
		$\frac{e'}{m} = \frac{ec}{m} = (5{,}2736_6 \pm 0{,}0015) \cdot 10^{17}$ CGSE·*г*$^{-1}$
M	Постоянная Планка	h (см. табл. *c*)

[1]) Если не оговорено особо, все величины в этих таблицах, связанные с молями или грамм-эквивалентами, даны по химической шкале.

В заключение я хотел бы отметить, что в результате весьма обширной и тщательно планированной работы по общим физическим константам, проводившейся с 1929 г., общее положение здесь значительно улучшилось. Далее, в настоящее время гораздо более широко, чем в 1929 г., признаётся, что даже широко поставленные и дорогостоящие исследования могут быть связаны с серьёзными и совершенно неожиданными источниками систематических ошибок. По этой причине необходимо, чтобы каждая из важных констант определялась путём возможно большего количества различных методов, а также желательно, чтобы эти методы по возможности сильно различались между собой. Лишь при условии, что радикально различающиеся методы дают вполне согласующиеся между собой результаты, можно действительно полагаться на окончательное взвешенное среднее значение определяемой величины.

Таблица a'

Атомные веса

(1)	По физической шкале ($O^{16} = 16{,}000$)
	$H^1 = 1{,}00813 \pm 0{,}00001_7$ $\quad H^2 = 2{,}01473 \pm 0{,}00001_9$
	$H = 1{,}00827_6 \pm 0{,}00001^7$ (при отношении содержания H^1 к H^2 равном $6\,900 \pm 100$)
	$He^4 = 4{,}00389 \pm 0{,}00007$
	$C^{12} = 12{,}00386 \pm 0{,}00004$ $\quad C^{13} = 13{,}00761 \pm 0{,}00015$
	$C = 12{,}01465 \pm 0{,}00023$ (при отношении содержания C^{12} к C^{13} равном 92 ± 2)
	$N^{14} = 14{,}00753 \pm 0{,}00005$ $\quad N^{15} = 15{,}0049 = 0{,}0002$
	$N = 14{,}01121 \pm 0{,}00009_5$ (при отношении содержания N^{14} к N^{15} равном 270 ± 6)
	$O^{16} = 16{,}0000$ $\quad O^{17} = 17{,}0045$ $\quad O^{18} = 18{,}0049$
	$O = 16{,}00435_7 \pm 0{,}00008_6$ (при отношении содержаний изотопов $O^{16}:O^{17}:O^{18} = (506 \pm 10):1:(0{,}204 \pm 0{,}008)$)
	По химической шкале ($O = 16{,}0000$)
	Отношение атомных весов по физической шкале к атомным весам по химической шкале
(2)	$r = (16{,}004357 \pm 0{,}000086):16 = 1{,}000272 \pm 0{,}000005$
	$H^1 = 1{,}00785_6 \pm 0{,}00001_8$ (пересчитано с физической шкалы)
	$H^2 = 2{,}01418_2 \pm 0{,}00002_1$ » » » »
	$H = 1{,}00800_2 \pm 0{,}00001_8$ » » » »
	$He^4 = 4{,}00280 \pm 0{,}00007$ » » » »
	$C = 12{,}01139 \pm 0{,}00024$ » » » »
	$N = 14{,}00740 \pm 0{,}00012$ » » » »
	$N = 14{,}0086 \pm 0{,}0007$ (непосредственное наблюдение)
	$Na = 22{,}994 \pm 0{,}003$
	$Cl = 35{,}457 \pm 0{,}001$
	$Ca = 40{,}080 \pm 0{,}005$
	$Ag = 107{,}880 \pm 0{,}002$
	$I = 126{,}915 \pm 0{,}004$

Таблица *b*

Дополнительные величины, вычисляемые или используемые в связи с таблицей *a*

Раздел	Константа	Обозначение и величина
A	Отношение электростатических единиц к электромагнитным (наблюдённое непосредственно)	$c' = (2{,}9971_2 \pm 0{,}0001) \cdot 10^{10}$ $см^{\frac{1}{2}} \cdot сек^{-\frac{1}{2}}$ *межд. ом*$^{\frac{1}{2}}$ $= (2{,}9978_4 + 0{,}0001_0) \cdot 10^{10}$ $см \cdot сек^{-1}$
A	То же (косвенным методом)	$c' = c = (2{,}99776 \pm 0{,}00004) \cdot 10^{10}$ $см \cdot сек^{-1}$
B	Средняя плотность Земли	$\delta = 5{,}517 \pm 0{,}004$ $г \cdot см^{-3}$
C	Максимальная плотность воды	δ_m $(H_2O) = 0{,}999972 \pm 0{,}000002$ $г \cdot см^{-3}$
D	Ускорение силы тяжести (стандартное значение)	$g_0 = 980{,}655$ $см \cdot сек^{-2}$
D	То же, на широте 45°	$g_{45} = 980{,}616$ $см \cdot сек^{-2}$
D	Плотность газообразного кислорода (0°C, A_{45})	$L_1 = 1{,}42897 \pm 0{,}00003$ $г \cdot л^{-1}$
D	Предельная плотность газообразного кислорода (0°C, A_{45})	$L_{lim} = 1{,}427609 \pm 0{,}000037$ $г \cdot л^{-1}$
D	Множитель перевода кислорода (0°C, A_{45}) в идеальный газ	$1 - \alpha = 1{,}000953_5 \pm 0{,}000009_4$
E	Международный кулон (= *q абс. кулонов*)	$q = 0{,}99986 \pm 0{,}00002$
E	Международный гаусс (= *q абс. гауссов*)	—
E	Международный генри (= *p абс. генри*)	$p = 1{,}00048 \pm 0{,}00002$
E	Международный вольт (= *pq абс. вольт*)	$pq = 1{,}00034 \pm 0{,}00003$
E	Международный джоуль (= pq^2 *абс. джоулей*)	$pq^2 = 1{,}00020 \pm 0{,}00004_5$
G	Удельный вес Hg (0°C, A_0), относительно не содержащей воздуха H_2O при максимальной плотности	$\rho_0 = 13{,}59542_0 \pm 0{,}00005$
G	Плотность Hg (0°C, A_0)	$D_0 = 13{,}59504_0 \pm 0{,}00005_7$ $г \cdot см^{-3}$

Продолжение табл. 6

Раздел	Константа	Обозначение и величина
J	Электрохимические эквиваленты (по химической шкале)	$E^*_{Ag} = 1{,}11800 \cdot 10^{-3}$ *г·межд·кул*$^{-1}$
	Серебро (кажущийся)	$E^*_{Ag} = (1{,}11807 \pm 0{,}00012) \cdot 10^{-3}$ *г·абс·кул*$^{-1}$
	„ (исправленный)	$E_{Ag} = (1{,}315026 \pm 0{,}000025) \cdot 10^{-3}$ *г·абс·кул*$^{-1}$
	Иод (кажущийся)	$E_I = (1{,}315026 \pm 0{,}000025) \cdot 10^{-3}$ *г·абс·кул*$^{-1}$
	Иод (исправленный)	$E_I = (1{,}31535 \pm 0{,}00014) \cdot 10^{-3}$ *г·абс·кул*$^{-1}$
K	Эффективная постоянная решётки кальцита (18°C) по системе Зигбана	$d''_{18} = 3{,}02904 \cdot 10^{-8}$ *см*
K	Истинная постоянная решётки кальцита (20°C) по системе Зигбана	$d'_{20} = 3{,}02951_2 \cdot 10^{-8}$ *см*
K	Истинная постоянная решётки кальцита (20°C) по системе CGS	$d_{20} = (3{,}03567_4 \pm 0{,}00018) \cdot 10^{-8}$ *см*
K	Отношение шкал длин волн по системе CGS и по Зигбану	$\frac{\lambda_g}{\lambda_s} = 1{,}002034 \pm 0{,}000060$
K	Плотность кальцита (20°C)	$\rho = 2{,}71029 \pm 0{,}00003$ *г·см*$^{-3}$
K	Постоянная структуры кальцита (20°C)	$\varphi = 1{,}09594 \pm 0{,}00001$
K	Молекулярный вес кальцита (по химической шкале)	$M = 100{,}091_4 \pm 0{,}005$
L	Постоянная Ридберга для водорода (H^1)	$R_H = 109677{,}581_2 \pm 0{,}007_5$ *см*$^{-1}$ (по шкале междунар. ангстр.)
L	Постоянная Ридберга для дейтерия (H^2)	$R_D = 109707{,}419_3 \pm 0{,}007_5$ *см*$^{-1}$ (по той же шкале)
L	Постоянная Ридберга для гелия	$R_{He} = 109722{,}263 \pm 0{,}012$ *см*$^{-1}$ (по той же шкале)
L	Постоянная Ридберга для бесконечной массы ядра	$R_\infty = 109737{,}303 \pm 0{,}017$ *см*$^{-1}$ (по той же шкале) или $\pm 0{,}05$ *см*$^{-1}$ (в системе CGS)

Таблица *c*

Некоторые производные величины [1])

Постоянная Планка

$$h = \left\{ \frac{2\pi^2 c^2 F^5}{R_\infty N_0^5 \left(\frac{e}{m}\right)} \right\}^{\frac{1}{3}} = (6{,}624_2 \pm 0{,}002_4) \cdot 10^{-27} \text{ эрг} \cdot \text{сек}$$

$$\frac{h}{e} = \left\{ \frac{2\pi^2 c^2 F^2}{R_\infty N_0^2 \left(\frac{e}{m}\right)} \right\}^{\frac{1}{3}} = (4{,}1349_0 \pm 0{,}0007_1) \cdot 10^{-7} \text{ эрг} \cdot \text{сек} \cdot \text{GCSM}^{-1}$$

$$\frac{h}{e'} = \frac{h}{ec} = \left\{ \frac{2\pi^2 F^2}{R_\infty N_0^2 \left(\frac{e}{m}\right)} \right\}^{\frac{1}{3}} = (1{,}3793_3 \pm 0{,}0002_3) \cdot 10^{-17} \text{ эрг} \cdot \text{сек} \cdot \text{CGSE}^{-1}$$

Атомный вес электрона $E = \dfrac{F}{\left(\frac{e}{m}\right)}$

по физической шкале $E = (5{,}4862_4 \pm 0{,}0017) \cdot 10^{-4}$

по химической шкале $E = (5{,}4847_5 \pm 0{,}007) \cdot 10^{-4}$

Постоянная полосатых спектров, связывающая волновое число и момент инерции

$$\frac{h}{8\pi^2 c} = \left\{ \frac{F^5}{256\pi^4 R_\infty N_0^5 \left(\frac{e}{m}\right)} \right\}^{\frac{1}{3}} = (27{,}98_{65} \pm 0{,}01_0) \cdot 10^{-40} \text{ г} \cdot \text{см}$$

Постоянная Больцмана $k = \dfrac{R_0}{N_0} =$

$$= \frac{V_0 A_0}{T_0 N_0} = (1{,}38047_4 \pm 0{,}00026) \cdot 10^{-16} \text{ эрг} \cdot \text{град}^{-1}$$

Заряд 1 *г* H при электролизе $\dfrac{F}{\text{H}} = 9572{,}1_{73} \pm 1{,}0$ CGSM $\cdot$ *г*$^{-1}$

Заряд 1 *г* H^1 при электролизе

$$\frac{e}{M_{\text{H}'}} = \frac{F}{\text{H}^1} = 9573{,}5_{60} \pm 1{,}0 \text{ CGSM} \cdot \text{г}^{-1}$$

Комптоновское смещение при 90°

$$\frac{h}{mc} = \left\{ \frac{2\pi^2 F^2 \left(\frac{e}{m}\right)^2}{R_\infty N_0^2} \right\}^{\frac{1}{3}} = (0{,}024265_{14} \pm 0{,}000005_7) \cdot 10^{-8} \text{ см}$$

---

[1]) Для того, чтобы быть в состоянии вычислить вероятную ошибку в производной величине, необходимо выразить её через различные фундаментальные константы табл. *a* или *b*; это было сделано во всех случаях. Поскольку здесь *e* и *h* трактуются как производные величины, они не фигурируют в таких определяющих выражениях. Однако, при вычислении численных значений производных величин работа часто весьма упрощается путём использования ранее вычисленных численных значений других производных величин, в частности *e* и *h*. Для того, чтобы показать, каким образом некоторые производные величины зависят от *e* и *h*, во многих случаях для них даны выражения различных форм.

Продолжение табл. с

Энергия, соответствующая 1 абс. электрон-вольту (в эргах)

$$E_0 = 10^8 e = 10^8 \frac{F}{N_0} = (1{,}60203_3 \pm 0{,}00034) \cdot 10^{-12} \text{ эрг}$$

Энергия в калориях на моль для 1 абс. электрон-вольта на молекулу

$$\frac{F\ (\text{абс. кул. на г-экв})}{J_{15}\ (\text{абс. дж. на кал})} = 23052{,}_{85} \pm 3{,}_2\ \text{кал}_{15} \cdot \text{моль}^{-1}$$

Постоянная тонкой структуры

$$\alpha = \frac{2\pi(e')^2}{hc} = \left\{\frac{4\pi R_\infty F\left(\frac{e}{m}\right)}{N_0}\right\}^{\frac{1}{3}} =$$

$$= (7{,}2976_6 \pm 0{,}0008_6) \cdot 10^{-3}$$

$$\frac{1}{\alpha} = 137{,}030_2 \pm 0{,}016$$

$$\alpha^2 = (5{,}3256 \pm 0{,}0013)\ 10^{-5}$$

Газовая постоянная на моль

$$R_0 = \frac{V_0 A_0}{T_0} = (8{,}31436 \pm 0{,}00038) \cdot 10^7 \text{ эрг} \cdot \text{град}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$$

$$R_0' = R_0 \cdot \frac{10^{-7}}{J_{15}} = 1{,}98646_7 \pm 0{,}00021 \text{ кал}_{15} \cdot \text{град}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$$

$$R_0'' = \frac{V_0'}{T_0} = (8{,}20544_7 \pm 0{,}00037) \cdot 10^{-2} \text{ л} \cdot \text{ат град}^{-1} \text{ моль}$$

$$R_0''' = \frac{R_0}{A_0} = \frac{V_0}{T_0} = 82{,}0566_7 \pm 0{,}0037 \text{ см}^3 \cdot \text{ат} \cdot \text{град}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1},$$

так что $R_0 T_0 = V_0 A_0 = (2{,}27115_0 \pm 0{,}00006) \cdot 10^{10}$ эрг · моль$^{-1}$

Число Лошмидта (0°C, A_0) $n_0 = \frac{N_0}{V_0} = (2{,}6870_{13} \pm 0{,}0005_0) \cdot 10^{19}$ атм$^{-1}$·см$^{-3}$

Магнитный момент одного боровского магнетона

$$\mu_1 = \left(\frac{h}{4\pi}\right)\left(\frac{e}{m}\right) = \frac{1}{4\pi}$$

$$\left\{\frac{2\pi^2 c^3 F^5 \left(\frac{e}{m}\right)^2}{R_\infty N_0^5}\right\}^{\frac{1}{3}} = (0{,}9273_{45} \pm 0{,}0003_7) \cdot 10^{-20} \text{ эрг} \cdot \text{гаусс}^{-1}$$

Магнитный момент на моль для одного боровского магнетона на молекулу

$$\mu_1 N_0 = \frac{1}{4\pi}\left\{\frac{2\pi^2 c^3 F^5 \left(\frac{e}{m}\right)^2}{R_\infty N_0^2}\right\}^{\frac{1}{3}} = 5585{,}2_4 \pm 1{,}6 \text{ эрг} \cdot \text{гаусс}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$$

Масса α-частицы $M_\alpha = \frac{(\text{He}-2E)}{N_0} = (6{,}6442_2 \pm 0{,}0012) \cdot 10^{-24}$ г

Масса атома единичного атомного веса

$$M_0 = \frac{1}{N_0} = (1{,}66035 \pm 0{,}00031) \cdot 10^{-24} \text{ г}$$

Продолжение табл. 6

Масса электрона

$$m = \frac{e}{\left(\frac{e}{m}\right)} = \frac{\left(\frac{F}{N_0}\right)}{\left(\frac{e}{m}\right)} = (9{,}1066_0 \pm 0{,}0032)\cdot 10^{-28}$$

Масса атома H^1 $\quad M_{H^1} = \frac{H^1}{N_0} = (1{,}67339_3 \pm 0{,}00031)\cdot 10^{-24}$ *г*

Масса протона $\quad M_p = \frac{(H^1 - E)}{N_0} = (1{,}67248_2 \pm 0{,}00031)\cdot 10^{-24}$ *г*

Постоянная плотности излучения

$$a = \frac{8\pi^5 k^4}{15c^3h^3} = \left(\frac{V_0 A_0}{T_0}\right)^4 \frac{4\pi^3 N_0 R_\infty \left(\frac{e}{m}\right)}{15c^6 F^5} =$$

$$= (7{,}569_{42} \pm 0{,}004_9)\cdot 10^{-15}\ \textit{эрг}\cdot\textit{см}^{-3}\cdot\textit{град}^{-4}$$

Отношение массы атома H^1 к массе электрона

$$\frac{M_{H^1}}{m} = \left(\frac{e}{m}\right)\left(\frac{H^1}{F}\right) = 1837{,}5_{61} \pm 0{,}5_6$$

Отношение массы протона к массе электрона

$$\frac{M_p}{m} = \left(\frac{e}{m}\right)\left(\frac{H^1 - E}{F}\right) = 1836{,}5_{61} \pm 0{,}5_6$$

Вторая радиационная постоянная

$$c_2 = \frac{hc}{k} = \frac{c^2 T_0}{V_0 A_0}\left\{\frac{2\pi^2 F^5}{R_\infty N_0^2 \left(e/m\right)}\right\}^{\frac{1}{3}} = 1{,}4384_8 \pm 0{,}0003_4\ \textit{см}\cdot\textit{град}$$

Удельный заряд α-частицы

$$\frac{2e}{M_\alpha} = \frac{2F}{He - 2E} = 4822{,}3_3 \pm 0{,}5_1\ \text{CGSM}\cdot\textit{г}^{-1}$$

Удельный заряд протона $\frac{e}{M_p} = \frac{F}{H^1 - E} = 9578{,}7_7 \pm 1{,}0\ \text{CGSM}\cdot\textit{г}^{-1}$

Постоянная закона Стефана—Больцмана

$$\sigma = \frac{ac}{4} = \frac{2\pi^5 k^4}{15c^2h^3} =$$

$$= \left(\frac{V_0 A_0}{T_0}\right)^4 \frac{\pi^3 N_0 R_\infty \left(\frac{e}{m}\right)}{15(Fc)^5} = (5{,}672_{83} \pm 0{,}003_7)\cdot 10^{-5}\ \textit{эрг}\cdot\textit{см}^{-2}\cdot$$

$$\cdot\textit{град}^{-4}\ \textit{сек}^{-1}$$

Продолжение табл. 6

Длина волны, соответствующая 1 абс. вольту [1])

$$\lambda_0 = 10^{-8} c^2 \left(\frac{h}{e^2}\right) = \frac{c^2}{10^8} \left\{\frac{2\pi^2 F^2}{R_\infty N_0^2 \left(\frac{e}{m}\right)}\right\}^{\frac{1}{3}} = (12395{,}4 \pm 2{,}1) \cdot 10^{-5} \; см \cdot абс \cdot V^{-1}$$

Волновое число, соответствующее 1 абс. вольту

$$s_0 = \frac{1}{\lambda_0} = \frac{10^8}{c^2} \left\{\frac{R_\infty N_0^2 \left(\frac{e}{m}\right)}{2\pi^2 F^2}\right\}^{\frac{1}{3}} = 8067{,}4_9 \pm 1{,}4 \; см^{-1} \cdot абс \cdot V^{-1}$$

Постоянная закона смещения Вина [2])

$$A = \frac{c_2}{4{,}965114} = 0{,}28971_8 \pm 0{,}00007 \; см \cdot град$$

Зеемановское смещение на гаусс

$$\frac{\frac{e}{m}}{4\pi c} = (4{,}6699_1 \pm 0{,}0013) \cdot 10^{-5} \; см^{-1} \cdot гаусс^{-1}$$

[1]) В G.C.1929, в равенстве для λ_0 множитель 10^{-8} был случайно опущен.

[2]) Фактор 4,965114 есть корень уравнения $e^{-x} + \left(\frac{x}{5}\right) - 1 = 0$.

ЛИТЕРАТУРА

1. R. T. Birge, Rev. Mod. Phys., **1**, 1, 1929.
2. R. T. Birge, Phys. Rev., **40**, 288, 1932.
3. a) R. T. Birge, Phys. Rev., **54**, 972, 1938; b) Phys. Rev., **60**, 766, 1941.
4. См. G. C. 1929, стр. 41—43.
5. R. T. Birge, Phys. Rev., **48**, 918, 1935; Nature, **137**, 187, 1936
6. F. G. Dunnington, Rev. Mod. Phys., **11**, 65, 1939.
7. Y. W. M. Du Mond, Phys. Rev., **56**, 153, 1939; **58**, 457, 1940.
8. Y. W. Drinkwater, O. Richardson and W. E. Williams, Proc. Roy. Soc., **A 174**, 164, 1940.